

**Změny hemodynamiky indikované neinvazivní laboratorní metodou
vyšetření kardiovaskulárního systému v závislosti na tělesném zatěžování
v průběhu studia u studentů tělesné výchovy – pilotní výzkum**

**Changes of Hemodynamics Indicated through Noninvasive Laboratory Method of
Recording of Cardiovascular System in Dependence on Physical Strain during Studies by
Students of Physical Education - pilot research**

*Jana Mílová, KTVS, Pedagogická fakulta Univerzity Hradec Králové
Martin Jílek, MŠ a ZŠ Štefcova Hradec Králové
Tomáš Lášek, Gymnázium a SOŠ Jaroměř
Filip Studnička*

ÚVOD

Je všeobecně známo, že stav kardiovaskulární soustavy (KVS) např. ateroskleróza významně ovlivňuje délku i kvalitu života a pohybová aktivita je významným preventivním faktorem většiny civilizačních chorob (ICHS, diabetu, nadváhy, hypertenze apod.). Má také pozitivní vliv na činnost celé řady životně důležitých systémů (dýchací, oběhový, trávicí apod.). Reakce organismu (ve smyslu adaptace) na pravidelné zatěžování popsali četní autoři. V našem článku (Mílová, 2011) jsme popisovali možnosti nové metody sledování stavu kardiovaskulárního aparátu pomocí neinvazivní metody založené na zaznamenávání drobných pohybů těla (balistokardiografie), způsobené prouděním krve v krevním oběhu. Na velmi malém vzorku, jsme našli určitou závislost mezi změnami způsobenými pravidelným tréninkem ($VO_2\max$, W170 atd.) a rychlostí pulzní vlny. V tomto článku se pokusíme popsat další, rozšířené výsledky.

TEORETICKÁ VÝCHODISKA

V této části příspěvku připomeneme některá teoretická východiska, na kterých je tento výzkum založen.

Propagace pulzní vlny

Tlakový a objemový pulz se šíří cévami systémem jako pulzní vlna. Rychlost postupu pulzní vlny je výrazně vyšší než pohyb krve. Pulzní vlna např. dosáhne v klidu úrovně vlásečnic na chodidlech zhruba za 0,2 s, zatímco krev vypuzená z levé komory, která tuto pulzní vlnu

vyvolala, za stejnou dobu dorazí sotva na začátek sestupné aorty. Rychlost pulzní vlny závisí na elasticitě cév a na poměru mezi tloušťkou stěny a jejím poloměrem. Rychlost je tím větší, čím je céva méně elastická a čím je poměr mezi tloušťkou a poloměrem větší (Trojan, 1999).

Balistokardiografie

Balistokardiografie je neinvazivní kardiologická metoda vyšetření srdeční činnosti pomocí vibrací těla. Základní myšlenkou této metody je třetí Newtonův zákon, tedy zákon akce a reakce. Aplikováno do praxe, vynaloží-li tělo na vypuzení určitého množství krve určitou sílu (akce), pak krev působí na tělo stejně velkou silou opačného směru (reakce). Tyto skutečnosti se na lidském těle projeví jako drobné vibrace, které je balistokardiograf schopen zachytit. Po mnohonásobném zvětšení zachyceného signálu získáme křivku – balistokardiogram (Barčiaková, 2011; Kříž, Šeba, 2008).

S využitím této techniky byly provedeny výzkumy, při kterých se srovnávaly výsledky měření časových diferencí pulzních vln mezi doražením od aortálního oblouku k břišní bifurkaci aorty měřené invazivně pomocí katétrů a neinvazivně pomocí balistokardiografie. Výzkumníkům oddělení matematické fyziky katedry fyziky PřF UHK se podařilo nalézt mezi těmito měřeními souvislost, takže signály (výrazné píky) jsou právě v časech předpokládaného doražení pulzní vlny do oblouku aorty a břišní bifurkaci. Zde však nelze hovořit o rychlosti pulzní vlny. Ta by závisela především na délce mezi bází srdeční (napojení aorty) a břišní bifurkací, což je u každého probanda individuální. Tímto máme k dispozici pouze jakési časové rozdíly, od otevření aortální chlopně po náraz pulzní vlny na abdominální bifurkaci v [ms], které však jsou naměřeny vždy u stejného probanda.

Kardiovaskulární adaptace

Vliv pravidelné pohybové aktivity na KVS je všeobecně známa, proto se budeme věnovat pouze klíčovým adaptačním změnám souvisejícím s výzkumem.

Hlavní vliv tréninku se projevuje především ve změnách reakce celé řady etap transportního řetězce. Adaptace KVS tedy spočívá v potřebě rychleji dodávat kyslík a metabolické substráty do svalů, kde se odehrává vlastní výdej energie (Radvanský, 2011).

Fyzická zdatnost je spojena s nižším systolickým zesílením pulzu a také kompenzuje nepříznivé efekty spojené se stárnutím. Vytrvalostní sporty jsou spojeny se zlepšením arteriální elasticity (Bertovic, 1999). Zvýšením elasticity artérií tedy dochází k částečnému pohlcování počáteční rychlosti pulzní vlny.

Po započetí pravidelné pohybové aktivity vytrvalostního charakteru jsou po několika týdnech vidět výsledky v podobě nižší tepové frekvence při stejné zátěžové intenzitě. Vysvětlení tohoto jevu je v kosterním svalstvu zapojeném do pohybové aktivity. Pravidelná aktivita zlepšuje svalový tonus, a tedy i funkci pomocné svalové pumpy oběhu. Z toho plyne i zvýšená podpora žilního návratu krve do srdce, lepší plnění srdce, z toho vyplývající větší tepový objem. K dosažení potřebného minutového srdečního objemu tedy stačí nižší TF. Přímý efekt pravidelné svalové činnosti na srdce je však možno prokázat teprve po mnohem delším trvání vytrvalostního tréninku s dostatečnou intenzitou zátěže. Výsledkem je pak klidová bradykardie, menší akcelerace TF při submaximálním zatížení, prodloužení R-R intervalu na EKG a také vyšší ejekční frakci (Radvanský, 2011).

CÍL PRÁCE

Pomocí statistických metod prokázat souvislost mezi změnou v hemodynamice (indikované vybranou neinvazivní metodou) a výsledky motorického testu (Leger test) ovlivněné fyzickým zatěžováním.

Hypotéza práce: Změny v hemodynamice budou analogické se změnami úrovně motorické výkonnosti indikované Legerovým testem.

METODIKA

Charakteristika výzkumného soboru

Jako výzkumný soubor jsme zvolili studenty prvního ročníku Pedagogické fakulty UHK oborů Tělovýchovné a sportovní aktivity se zaměřením na vzdělávání a Pedagogika volného času se zaměřením na tělesnou výchovu a sport. Jedná se tedy o záměrný výběr. Probandi jsou ve věku od 19 do 22 let.

Do výzkumu bylo zapojeno více jak 40 probandů, kompletní výsledky však máme celkem od 23 probandů.

Průběh výzkumu

Celý výzkum trval jeden akademický rok. Ten lze rozdělit do třech etap:

1. Vstupní měření – pretest (říjen 2010)
2. Období vlastního fyzického zatěžování (listopad 2010 – květen 2011)
3. Výstupní měření – posttest (červen 2011)

Vlastní sběr dat probíhal pouze na začátku (v etapě vstupního měření) a na konci (v etapě výstupního měření). Během etapy fyzického zatěžování žádný sběr neprobíhal. Tato etapa v sobě zahrnovala pouze fyzické zatěžování výzkumného souboru v rámci výuky.

Metody sběru dat

Vlastní sběr dat probíhal prostřednictvím dvou měření:

Laboratorní měření hemodynamiky pomocí balistokardiografické silové plošiny (Kříž, 2008; Milová, et al. 2011).

Terénní měření tělesné zdatnosti pomocí Legerova testu (Měkota, K. et al, 2002).

Metody zpracování dat

Výsledky jsme zpracovali souhrnně pomocí popisných charakteristik (průměr, směrodatná odchylka, modus, medián, variační rozpětí).

Při popisování závislostí mezi dvěma testy, tj. korelace, využíváme tzv. korelačního koeficientu r_{jk} .

VÝSLEDKY

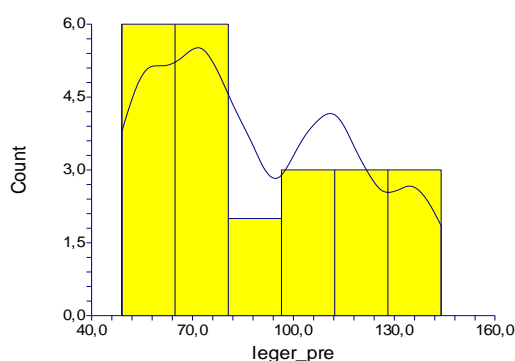
Následující tabulky obsahují základní popisné charakteristiky testovaného souboru.

Tab. 1 Základní popisné charakteristiky testovaného souboru v Legerově testu (pre-post test)

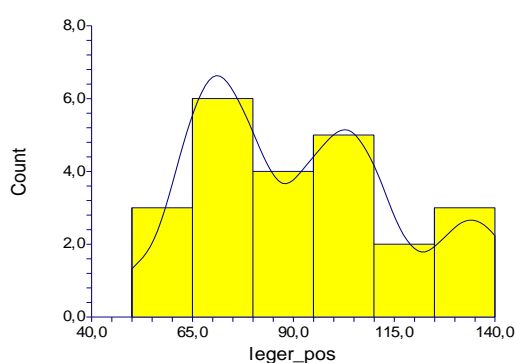
	pretest	posttest
průměr	88,87	92
sm.odchylka	28,82	24,97
rozptyl	95	90

Z tabulky je patrné, že došlo k mírnému zvýšení počtu přeběhů, snížení směrodatné odchylky a snížení rozptylu. Tyto výsledky naznačují, že studium tělesné výchovy má pozitivní vliv na výsledky Legerova testu. Histogramy rozložení uvádíme v Grafu 1, 2

Graf 1 Histogram rozložení četností v Legerově testu – pretest



Graf 2 Histogram rozložení četností v Legerově testu – posttest



Histogramy rozložení četností v Legerově testu potvrzují náš předpoklad. K prokázání statisticky významnému zlepšení v Legerově testu je potřeba použít parametrické i neparametrické testy statistické významnosti.

K prokázání významnosti změny v Legerově testu pretest-posttest jsme použili parametrické (párový t-test) i neparametrické testy statistické významnosti (Wilcoxon) na hladině významnosti $\alpha=0,05$.

Testovali jsme hypotézu:

$$H_0: M_{\text{Leg-pre}} = M_{\text{Leg-post}} \text{ versus } H_A: M_{\text{Leg-pre}} < M_{\text{Leg-post}}$$

($M_{\text{Leg-pre}}$ – Legerově testu -pretest, $M_{\text{Leg-post}}$ – Legerově testu -posttest).

Tab 2 Parametrické a neparametrické testy statistické významnosti v Legerově testu ($\alpha=0,05$)

	Parametrický test (t-test)		Neparametrický test (Wilcoxon)	
Leger test	-1,4225	Potvrzujeme H_0	1,2789	Potvrzujeme H_0

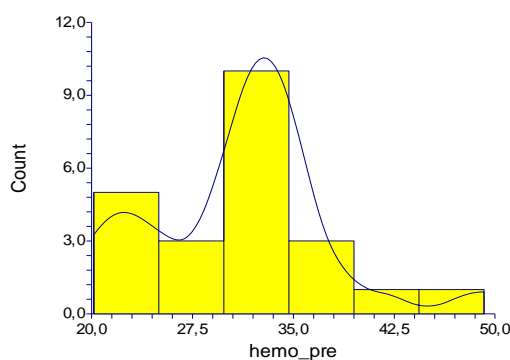
Na základě parametrických testů statistické významnosti musíme konstatovat, že v Legerově testu nedošlo k statisticky významnému zlepšení.

Tab. 3 Základní popisné charakteristiky testovaného souboru při neinvazivním testování hemodynamiky. [ms] (pre-posttest)

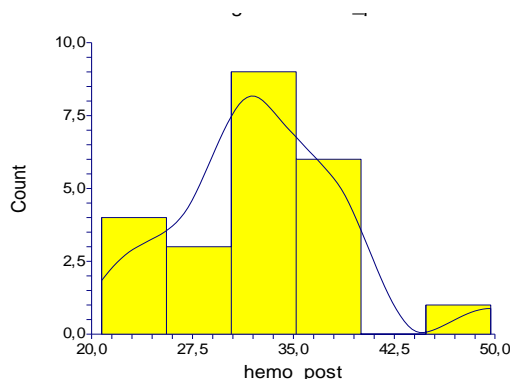
	pretest	posttest
průměr	31,07	32,51
sm.odchylka	6,54	6,23
rozptyl	29,03	28,95

Z tabulky je patrné, že došlo k prodloužení časového rozdílu, od otevření aortální chlopně po náraz pulsni vlny na abdominální bifurkaci. Nižší směrodatná odchylka i rozptyl naznačují, že studium tělesné výchovy má pozitivní vliv na výsledky v testu hemodynamiky. Histogramy rozložení uvádíme v Grafu 3, 4.

Graf 3 Histogram rozložení četností v testu hemodynamiky – pretest



Graf 4 Histogram rozložení četností v testu hemodynamiky – posttest



Histogramy rozložení četností v testu hemodynamiky potvrzují náš předpoklad. K prokázání statisticky významnému zlepšení v testu hemodynamiky je potřeba použít parametrické i neparametrické testy statistické významnosti.

K prokázání významnosti změny v testech hemodynamiky pretest-posttest jsme použili parametrické (párový t-test) i neparametrické testy statistické významnosti (Wilcoxon) na hladině významnosti $\alpha=0,05$.

Testovali jsme hypotézu:

$$H_0: M_{\text{hem-pre}} = M_{\text{hem-post}} \text{ versus } H_A: M_{\text{hem-pre}} < M_{\text{hem-post}}$$

($M_{\text{hem-pre}}$ – test hemodynamiky-pretest, $M_{\text{hem-post}}$ – test hemodynamiky-posttest)

Výsledky uvádíme v tab. 4.

Tab 4 Parametrické a neparametrické testy statistické významnosti v testu hemodynamiky ($\alpha=0,05$)

	t-test		Wilcoxon	
Hemodynamika	-0,8897	Potvrzujeme H_0	1,3535	Potvrzujeme H_0

Na základě parametrických i neparametrických testů statistické významnosti musíme konstatovat, že v Legerově testu ani v testu hemodynamiky nedošlo k statisticky významnému zlepšení.

K prokázání hypotézy jsme použili korelační koeficient. Následující tabulka popisuje vzájemnou korelaci mezi jednotlivými testy. V prvním sloupci je uveden koeficient korelace

mezi vstupními měřeními v Legerově testu a testu neinvazivní hemodynamiky. Ve druhém je pak koeficient korelace výstupního měření mezi uvedenými testy.

Tab. 5 Korelační koeficienty mezi jednotlivými testy

Legérův test/Hemodynamika	
<i>pretest</i>	<i>posttest</i>
0.25	0.14

Z tabulky je patrné, že hodnoty korelačních koeficientů jsou velmi nízké.

Kritická hodnota korelačního koeficientu na hladině $\alpha = 0,05$ (5% pravděpodobnosti) pro náš výběr je $r_{23}=0,415$. Vzhledem k nízkým hodnotám korelačních koeficientů musíme naši hypotézu zamítnout. **Změny v hemodynamice nejsou analogické se změnami úrovně motorické výkonnosti indikované Legerovým testem.**

DISKUSE

Legerův test, přestože je výborně interpretovatelný a výsledky jsou okamžitě patrné, závisí do značné míry na motivaci probanda. Je možné, že někteří z testovaných vypustili test dříve, než bylo jejich skutečné maximum. To může mít značný vliv na výsledky testů. Pro pokračující výzkum bychom rozhodně doporučili změnu motorického testu anebo použití většího množství motorických testů. Je velmi pravděpodobné, že analogie mezi měřením hemodynamiky a motorickým testem jsou, je však třeba zkusit jiný druh motorického testu, který tolik nezáleží na motivaci probanda (např. Kashchův step test). Zajímavé by rozhodně bylo, pokusit se hledat analogie mezi testy hemodynamiky a některým z laboratorních zátěžových testů, např. spiroergometrie. To by však bylo z časového i materiálního hlediska problematické.

Jednu z důležitých rolí v testování hraje také délka fyzického zatěžování. Roční zatěžování je sice poměrně dlouhá doba, avšak ne všichni studenti trénují podle svých možností. Nebo naopak jejich počáteční testy ukazují na vysokou tělesnou zdatnost, a tak výsledky výstupního měření nejsou tak výrazné. Některé vstupní výsledky probandů ukazují na poměrně vysokou tělesnou zdatnost, ale vysokoškolský způsob života, bydlení na kolejích a s tím související nevhodný životní styl jejich výstupní výsledky snižuje. V prvním ročníku navíc nejsou příliš motivováni k tomu, aby splnili výkonnostní limity. Kreditní systém umožňuje druhé zapsání předmětu, takže motivace k tréninku tím klesá.

Pro pokračující výzkum by rozhodně bylo vhodné doplnění stávající měření o dotazník, který by alespoň částečně charakterizoval, jak intenzivně a jak často daný proband trénoval. Vyhodnocením dotazníku bychom dostali alespoň informaci o míře fyzického zatěžování.

Výsledky neprokázaly statistickou významnost mezi sledovanými parametry. Vzhledem k případové studii (Mílová, 2011) jsme se pokusili najít alespoň věcnou významnost pomocí marginálních (hraničních) jevů.

Marginální jevy

V této části interpretace výsledků jsme se zaměřili pouze na probandy, kteří se zlepšili v obou testech, tedy jakýsi výběr z výzkumného souboru. I u těchto hraničních výsledků jsme provedli výpočet korelačních koeficientů a testů statistické významnosti pro párové hodnoty závislých výběrů.

Do tohoto výběru jsme zařadili pouze 9 testovaných z celkových 23.

Tab. 6 Korelační koeficienty mezi jednotlivými testy probandů s hraničními výsledky

Korelace Legerův test/Hemodynamika	
vstupní	výstupní
0.1	-0.032

Z tabulky 6 je patrné, že vzájemná analogie mezi vstupními a výstupními testy je zanedbatelná, jelikož korelační koeficient je velmi nízký. Ani pomocí tohoto způsobu vyhodnocení dat jsme nezjistili souvislost.

ZÁVĚR

Cíl práce, zjistit závislost mezi změnou v hemodynamice (indikované neinvazivní metodou) a výsledky motorických testů (Leger test) u studentů prvního ročníku oboru tělesná výchova resp. oborů, které se mají tělesnou výchovu jako svou hlavní náplň, na Pedagogické fakultě UHK, se nám podařilo splnit. Dospěli jsme však k závěru, že analogie mezi těmito vybranými testy je zanedbatelná. Korelační koeficient ani v jednom případě nepřesáhl kritickou hodnotu statistické významnosti.

Jednotlivé testy neprokázaly statisticky významné zlepšení tělesné zdatnosti, které by mělo být navozeno pravidelným fyzickým zatěžováním souvisejícím se studiem tělesné výchovy. Možné příčiny tohoto závěru jsou rozebrány v diskuzi.

Hypotézu jsme neprokázali. Změny v hemodynamice nejsou analogické se změnami úrovně motorické výkonnosti indikované Legerovým testem.

REFERENCE

Barčiaková, L., Pirk, J., Šeba, P., & Kříž, J. (2011). Vývoj balistokardiografie od roku 1877. *Cor Vasa*, 53, 72-74.

Bertovic D., et al. (1999). Muscular strength training is associated with low arterial compliance and high pulse pressure. *Hypertension*, 33, 1385-1391.

Máček, M., & Radvanský, J. (2011) *Fyziologie a klinické aspekty pohybové aktivity*. Praha: Galén.

Měkota, K., Kovář, R., Chytráčková, J., Gajda, V., Kohoutek & M, Moravec, R. (2002). *Unifittest (6–60)*. Praha: FTVS UK

Mílová, J. Komešník, B. Jílek, M. & Kříž, J. (2011). Změny hemodynamiky indikované neinvazivní laboratorní metodou vyšetření kardiovaskulárního systému v závislosti na tělesném zatěžování v průběhu studia u studentů tělesné výchovy – projekt a případová studie. In Sborník příspěvků z XVIII. ročníku interdisciplinární konference, *Optimální působení tělesné zátěže a výživy*. (pp 122-128) Hradec Králové: Gaudeamus.

Kříž, J. & Šeba, P. (2008) Force plate monitoring of human hemodynamics. *Nonlinear Biomedical Physics*. Retrieved April 20, 2010, from <http://www.nonlinearbiomedphys.com/content/2/1/1>

Kříž, J. & Šeba, P. (2008) Studium mechanických projevů lidského kardiovaskulárního systému. In Sborník příspěvků z XV. ročníku interdisciplinární konference, *Optimální působení tělesné zátěže a výživy*. (pp. 272-274) Hradec Králové: Gaudeamus.

Trojan, S., et al.(1999), *Lékařská fyziologie*. Praha: Grada Publishing.

Jana Mílová
jana.milova@uhk.cz